

УПРАВЛЕНИЕ ОБЪЕКТАМИ МОЗГОВЫМИ ВОЛНАМИ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Одной из важнейших задач, стоящих перед современной биоинформатикой, является разработка интеллектуальных систем, способных анализировать биоэлектрические сигналы, генерируемые человеческим организмом, с целью их использования для управления различными объектами [1–4]. Разработки интеллектуальных систем в области управления объектом на основе биоэлектрических сигналов направлены главным образом на улучшение жизни людей, лишенных способности нормального существования, в частности, инвалиды. Однако разработка технологии передачи мысли на расстояние может найти разнообразные применения, такие как:

- осуществлять эффективное обучение студентов или переучивание, в особенности, чиновников, когда другие способы не востребованы;
- осуществлять чтение мыслей у чиновников-коррупционеров;
- в комбинации с методами чтения мыслей у согласных на это людей (магистров, аспирантов, докторантов, профессоров) способствовать лучшему пониманию функций и тайн мозга человека;
- обеспечение связи с людьми, уворованных террористами, погребенными под руинами после взрывов, землетрясений и других чрезвычайных ситуаций;
- для незаметной передачи информации охраняемому субъекту. Студенты будут использовать для успешной сдачи экзаменов;
- интеллектуальная поддержка чиновников власти на их публичных выступлениях и пресс-конференциях;
- упорядоченное поведение массы людей при чрезвычайных ситуациях, например, посылая предупреждения о надвигающихся катастрофах;
- профилактика и лечение некоторых патологических недостатков в головном мозге и снятие стрессовых ситуаций;
- интеллектуальное управление бытовой и специальной техникой, а также множество различных применений благодаря творчеству умных людей.

Проблема управления объектами мозговыми волнами касается прежде всего процессов бесконтактного взаимодействия с управляемым объектом и в настоящее время находит решение в совершенствовании автоматизированных и интеллектуальных алгоритмах управления. Исключительно новым развивающимся направлением являются исследования в области нейрокомпьютерных систем, которые доказали, что возможно управление объектами на основе синхронной нейронной взаимосвязи, представленной в виде осцилляторной мозговой активности [5]. Появление указанных интеллектуальных методов контролирования происходящими событиями может рассматриваться в двух фундаментально различных методах управления:

- в первом случае концентрация внимания на определенном объекте приводит к контролю мозговой активности человеком, вследствие чего в головном мозге возникают определенные возбуждения, которые вызваны главным образом нашим восприятием и обработкой мыслительной команды. Подобные явления происходят перед выполнением определенного действия мышцами тела и выражаются в виде потенциалов, связанных с событием. Наглядным примером указанного типа взаимодействия служит составляющая электроэнцефалограммы (ЭЭГ) P300, которая возникает с задержкой 300 мс и находится в диапазоне 2–5 Гц;
- во втором случае концентрация человека на специфических мозговых командах приводит к возникновению различных типов мозговых сигналов, которые затем распознаются

при помощи определенных алгоритмов декодирования для последующего управления мозговыми волнами.

Второй метод управления связан главным образом с реализацией нейрокомпьютерных интерфейсов управления объектами (рис. 1). Суть указанного взаимодействия заключается в исследовании осцилляторной мозговой активности, которая подразделяется на пять частотных диапазонов. Среди всех возможных частотных составляющих ЭЭГ особый интерес представляет прежде всего мю-ритм с частотой около 8-12 Гц и высокочастотный бета-ритм на частотах 18-26 Гц, которые локализованы над сенсорномоторным кортексом в головном мозге соответствующей части тела. Эти виды осцилляций отвечают за выполнение человеком мозговых команд при воображаемом движении какой-либо части тела, что проявляется в резких амплитудных возрастаниях и убываниях в указанных частотных диапазонах. Поэтому этап управления объектами связан с процессами синхронизации и диссинхронизации над сенсорномоторной областью и зависит от выполняемого движения.



Рис. 1. Нейрокомпьютерный интерфейс управления кистью человека

Для регистрации постсинаптических сигналов головного мозга с помощью ЭЭГ широко используются различные методы анализа как амплитудный, авторегрессионный, кросс-спектральный, автокорреляционный, когерентный, корреляционный, кросскорреляционный, регрессионный, периодометрический, спектральный, вейвлет-анализ, пространственная локализация источников патологической активности, а также теорию динамического хаоса, теорию случайных процессов, построение фрактальной размерности, фазового портрета и функционального исходного разделения сигнала. Последний вид анализа приобретает все большее значение при обработке ЭЭГ, поскольку данный метод включает в себя преимущества анализа главных компонент, при использовании которого данные ЭЭГ проектируются на ортонормированный базис с наибольшей дисперсией, и независимого анализа данных, который позволяет выделить статистически независимые составляющие ЭЭГ. В результате образуются отдельные компоненты ЭЭГ, среди которых можно выделить функциональные составляющие и артефакты.

Исследование хаотической динамики находит также важное применение в исследовании электрической активности мозга для управления объектами мозговыми волнами. Это связано с тем, что несколько групп осцилляторов в головном мозге в пяти частотных каналах формируют огромное количество степеней свободы с огромной размерностью возможных состояний субструктур внутри головного мозга. Анализ хаотической динамики решается построением фазового портрета системы, который формирует для различных функциональных состояний человека соответствующее фазовое отображение на основе метода задержек.

Однако, несмотря на огромные преимущества указанных методов анализа для исследования биоэлектрических сигналов мозга при помощи ЭЭГ, точность распознавания мозговой

а)

б)

соблюдение правил дорожного движения

нарушение правил дорожного движения

обдумывание ситуации

головной мозг

Технология биспектрального метода анализа основывается на существовании для негауссовского случайного процесса биспектра, который определяется как двумерное преобразование Фурье от математического ожидания процесса, умноженного на два различных варианта задержки сигнала. В том случае, если сигнал мозговой команды независим от гауссовских шумов, кумулянт которых равняется нулю, вычисленный биспектр зашумленного сигнала становится равным биспектру сигнала мозговой команды. Таким образом, цветные и белые шумы могут быть подавлены, а биспектр негауссовского сигнала легко вычисляется.

Таблица 1 – Распознавание мысленных движений правой и левой рук

Методы	Авторегрессионные характеристики		Биспектральные характеристики	
	Энтропия количества информации (бит)	Средняя ошибка распознавания мысли (%)	Энтропия количества информации (бит)	Средняя ошибка распознавания мысли (%)
нейронные сети	0.38	21	0.64	10
векторная вычислительная машина	0.25	18	0.63	9
линейный дискриминантный анализ	0.27	22	0.61	12

Для создания нейрокомпьютерных систем управления применяются различные технологии регистрации мозговой активности. В таблице 2 представлены методы для распознавания движений джойстиком правой рукой в одном из четырех направлений с использованием упорядоченного линейного дискриминантного анализа Фишера.

Таблица 2 – Сравнение методов регистрации для четырех мысленных задач

Метод	Пространственное и временное разрешение	Преимущества	Недостатки	Точность определения мысли
ЭЭГ	больше 1см, меньше 1мс	неинвазивность портативность дешевизна	не метод формирования изображения	56%
ЭКОГ	около 1 мм, меньше 1мс	дешевизна	инвазивность не метод формирования изображения	80%
МЭГ	около 5 мм, меньше 1мс	неинвазивность хорошие частотно-временные характеристики	дороговизна ограниченное разрешение	57%
ФМТР	около 3 мм, больше 1с	неинвазивность хорошее разрешение	дороговизна ограниченное время работы	63%
ЭЭГ и МЭГ	больше 1см для ЭЭГ около 5 мм для МЭГ меньше 1мс	неинвазивность хорошие частотно-временные характеристики	дороговизна ограниченное разрешение	60%

Поскольку техника измерения локального мозгового кровотока хороша для оценки тонических изменений или характеристики фоновой мозговой активности и малоприспособна для изучения ее динамики, то основное внимание исследователей сосредотачивается в области изучения синтеза ЭЭГ и МЭГ.

Один из главных недостатков всех нейрокомпьютерных систем управления заключается в создании интеллектуальных систем управления, работающих без предварительного обучения, точность работы которых зависит от количества исходной информации. Поэтому для решения указанной проблемы требуется углубленное изучение функциональности работы мозга. Другая проблема состоит в том, что нейрокомпьютерные системы работают только в синхронном режиме, когда система определяет действия пользователя. Возможным выходом из данной ситуации является применение асинхронных нейрокомпьютерных систем. Подобные системы могут определять автоматически намерение пользователя выполнить определенную мозговую коман-

ду, и представляют собой реальную картину работы мозгового интерфейса. Кроме того, современные представления о технологии передачи мыслей нацелены на то, чтобы обеспечить бесконтактную запись и передачу электрической активности мозга (рис. 3) [6,7]. Для решения подобной проблемы в настоящее время разработан новый класс беспроводных сенсорных микро-наносистем и сетей на поверхностных акустических волнах (ПАВ) с радиочастотной идентификацией (RFID) [6,7]. ПАВ сенсорная микро-наносистема состоит из антенны и ПАВ сенсора, функционирующего как линия задержки, либо как ПАВ резонатор, и электрической схемы обработки сигналов от ПАВ сенсора и передачи информации на антенну. Измерения «слышимости» микроволн показывают, что наиболее пригодными для модуляции сигналов в частоты носителя являются частоты в диапазоне 1 Гц - 100 ГГц. Микроволны в этом диапазоне частот распространяются линейно, их можно сфокусировать, они проникают сквозь воздух и стены зданий и индуцируют токи во внутренних слоях тела человека. Для эффективной передачи носители частот должны совпадать с резонансными частотами частей тела, например, определенных нервных клеток мозга.

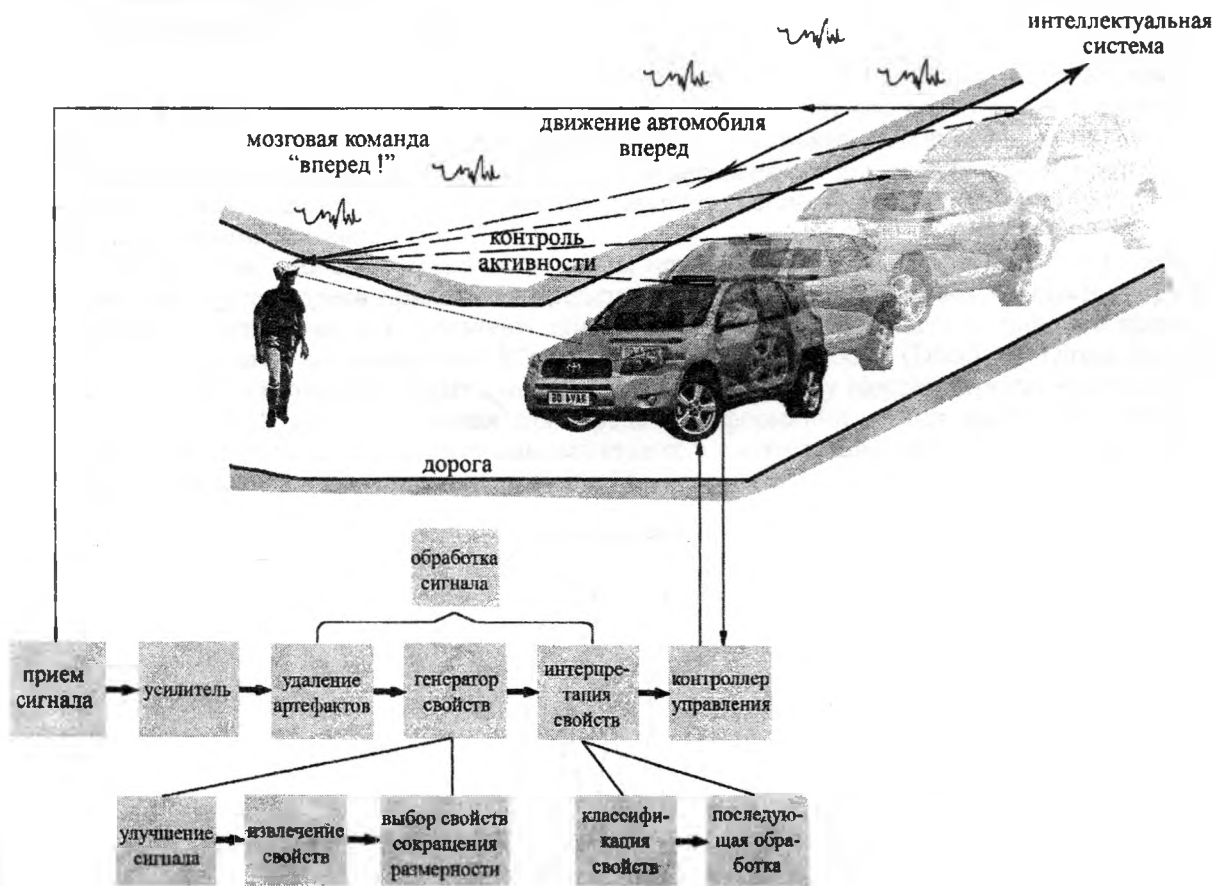


Рис. 3. Управление объектами на расстоянии с помощью мозговых команд

Можно ожидать, что технология передачи мысли будет играть все более возрастающую роль в исследованиях мозга, в управлении техническими приборами, машинами, аппаратами, а также в лечении болезней и для анализа биохимических сетей в мозгу. На этом пути технология передачи мысли и ее оптимизационные процессы обработки станут не только важным средством нейрокоммуникации, но и новым полезным инструментом в различных научных направлениях для познания тайн мозга человека. Однако следует сказать, что на сегодняшний день нет достаточно достоверных методов регистрации функциональных состояний нейронов головного мозга и математических приемов декодирования мозговых волн, что является нашей дальнейшей задачей в развитии интеллекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Koleshko V. M. Acoustic – electronic phenomenon of a brain and principles of designing of machines and mechanisms // Col “The congress on theoretical and applied mechanics”. – Minsk, 1996. – P 47 – 49. 2. Koleshko V. M. Acoustic – electronic phenomenon and electric activity of a brain of the person // International seminar “Transfer processes in biomedical problems”. – Minsk, 1995. – P 17 – 19. 3. Колешко В.М., Апанасевич А.В. Моделирование мозговых волн и управление объектами // Proceedings of the International Conference “Advanced Information and Telemedicine Technologies for Health”. – November 8 – 10, 2005, Minsk, Belarus, Academy of Science of Belarus, 2005. – P. 228 – 232. 4. Колешко В.М., Снигирев С.А. Модель системы управления объектом на основе биоэлектрических сигналов человека // Материалы научно-практической конференции “Научная мысль информационного века”. – Киев, 2007, т. Н. – С. 35 – 38. 5. Колешко В.М., Снигирев С.А. Нейрокомпьютерный интерфейс управления машиной силой мысли [электронный ресурс] // Режим доступа: www.rusnauka.com, свободный, яз. – рус., 2007. 6. Колешко В.М., Польшкова Е.В. Сенсорные микро-наносистемы с RFID идентификацией. – Сб. IV НПК “Нанотехнологии – производству 2007”, г. Фрязино РФ, 28 – 30 ноября 2007. – С. 97-100. 7. Колешко В.М., Польшкова Е.В., Паутинно А.А. Сенсорные микросистемы с RFID идентификацией // Теоретическая и прикладная механика, вып. 22. – Мн., 2005. – С. 51-62.

УДК 681.586: 621.316.1

Колешко В.М., Сунка В.Я., Качан В.В.

ШИРОКОПОЛОСНЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ СЕТИ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

Развитие интеллектуальных сенсоров достигло такого уровня, когда информации для передачи стало настолько много, а потребность в ее скорейшей передаче для обработки стала такой большой, что необходимо создавать локальные высокоскоростные сети для передачи измерительной информации.

Основные виды современного сетевого взаимодействия следующие[1]:

- Сенсор имеет одностороннюю связь с пользователем и использует ее для передачи своей информации.
- Сенсор имеет двустороннюю связь с пользователем и необходимую регулировку измерительного устройства выполняет пользователь.
- Микроконтроллер сенсора выполняет обработку информации о состоянии последнего и корректирует это состояние. Связь с пользователем используется для передачи полученной информации и получения от пользователя инструкций, изменяющих программу работы микроконтроллера.
- Сенсор часть необходимых вычислений проводит у себя, передает заявку на более сложные вычисления пользователю и использует их для выполнения собственных вычислений.
- Для улучшения своих действий или надежности функционирования сенсор имеет право взаимодействовать с произвольной группой пользователей сети. При этом, сенсор может объединяться с исполнительным устройством, корректирующим поведение сенсора во внешней среде. Сенсор принимает решения по учету получаемых через сеть сведений о состоянии других сенсоров.

Существует несколько способов технической организации сети, т.е. по сути тех протоколов и оборудования, посредством которого сенсоры внутри локальной сети будут посылать данные. Распространенные способы: организация проводной сети (например, посредством витой пары.); организация беспроводной сети (к примеру, посредством технологий Wi-Fi, WiMAX). Каждая из этих технологий походит под определенные задачи. Выбор технологии